

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2006 Thomson Derwent. All rts. reserv.

015951619 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2004-109460/200411

XRPX Acc No: N04-087051

**Forming fuel-air mixture in combustion chamber of spark-ignition,  
direct-injection engine, varies acceleration applied to valve closure  
component**

Patent Assignee: DAIMLERCHRYSLER AG (DAIM ); HERRMANN L (HERR-I); STEIL O  
(STEI-I)

Inventor: HERRMANN L; STEIL O

Number of Countries: 029 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 200407944	A1	20040122	WO 2003EP6992	A	20030701	200411 B
DE 10231582	A1	20040129	DE 10231582	A	20020711	200416
EP 1521911	A1	20050413	EP 2003763682	A	20030701	200525
			WO 2003EP6992	A	20030701	
US 20050224041	A1	20051013	WO 2003EP6992	A	20030701	200567
			US 200532319	A	20050110	
JP 2005532504	W	20051027	WO 2003EP6992	A	20030701	200571
			JP 2004520454	A	20030701	

Priority Applications (No Type Date): DE 10231582 A 20020711

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 200407944 A1 G 26 F02M-045/12

Designated States (National): JP US

Designated States (Regional): AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR

HU IE IT LU MC NL PT RO SE SI SK TR

DE 10231582 A1 F02M-045/12

EP 1521911 A1 G F02M-045/12 Based on patent WO 200407944

Designated States (Regional): AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR

HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

US 20050224041 A1 F02B-003/04 CIP of application WO 2003EP6992

JP 2005532504 W 15 F02M-051/00 Based on patent WO 200407944

Abstract (Basic): WO 200407944 A1

NOVELTY - During injection, the valve closure is moved between closed- and operating positions with varying acceleration. To adjust the given operating stroke, differing velocities are imposed.

USE - To form the fuel-air mixture in the combustion chamber of a spark-ignition, direct fuel injection engine.

ADVANTAGE - Despite any manufacturing tolerances, injection behavior is controlled optimally, resulting in improved combustion. Increased impulse imparted to the droplets, enhances their atomization. The closure spends less than 200 mus between the closed- and the injection positions. Various opening rate regimes are feasible; sudden completion being favored, to maximize impulse. Further refinements are described, e.g. opening is gradual at first. In this mode, emission characteristics are improved. Other feasible modes are described.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - A cross section of the engine cylinder is presented.

cylinder (2)

piston (3)

combustion chamber (4)

BEST AVAILABLE COPY

spark plug (7)

hollow cone representing fuel distribution (8)

pp; 26 DwgNo 1/6

Technology Focus:

TECHNOLOGY FOCUS - ELECTRONICS - Controlled piezoelectric actuation

is employed.

Title Terms: FORMING; FUEL; AIR; MIXTURE; COMBUST; CHAMBER; SPARK; IGNITION  
; DIRECT; INJECTION; ENGINE; VARY; ACCELERATE; APPLY; VALVE; CLOSURE;  
COMPONENT

Derwent Class: Q52; Q53; X22

International Patent Class (Main): F02B-003/04; F02M-045/12; F02M-051/00

International Patent Class (Additional): F02M-051/06; F02M-061/08

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): X22-A02A; X22-A03A1

?



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 31 582 A1** 2004.01.29

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 31 582.5**

(22) Anmeldetag: **11.07.2002**

(43) Offenlegungstag: **29.01.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **F02M 45/12**

(71) Anmelder:

**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

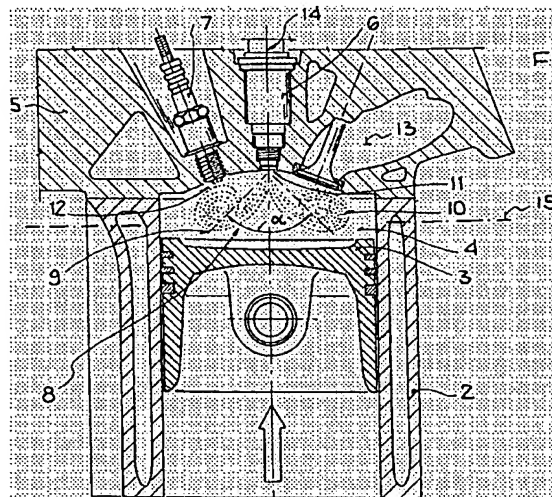
(72) Erfinder:

**Herrmann, Lothar, Dipl.-Ing., 88212 Ravensburg, DE; Steil, Oliver, 67487 Maikammer, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine, mit dem ein Verschlusskörper der Kraftstoffeinspritzdüse von einer Schließposition bis zu einer Betriebsposition zur Einstellung eines Betriebshubes mittels einer Steuereinrichtung derart bewegt wird, dass bis zur Einstellung des Betriebshubes unterschiedliche Geschwindigkeiten eingestellt werden, um eine optimale Verbrennung zu ermöglichen, und bei einer torusförmigen Wirbelbildung eine gleichmäßige Konzentrierung der mit einem höheren Impuls in den Brennraum eingebrachten Kraftstoffteilchen im Randbereich des Wirbels zu ermöglichen, so dass die Bildung eines Randwirbels mit einer gleichbleibenden Symmetrie und einer gleichmäßigen Kraftstoffverteilung erzielt wird.



BEST AVAILABLE COPY



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, insbesondere eine fremdgezündete Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 1.

[0002] Beim Betrieb neuer Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung werden Verbesserungen der Gemischbildung durch die Einspritzverlaufsgestaltung sowohl bei den selbstzündenden als auch bei den fremdgezündeten Brennkraftmaschinen erzielt. Es wird versucht, einen gezielten Einfluss auf die Verbrennung und auf die Emissionsbildung durch eine Variation der Einspritzverlaufsformung zu nehmen.

[0003] Aus der Patentschrift DE 198 57 785 C2 ist ein Verfahren zur Gemischbildung in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors bekannt, bei dem eine dreistufige Kraftstoffeinspritzung vorgenommen wird, bei der eine Hauptkraftstoffmenge über eine Zusatzkraftstoffmenge ohne Einspritzunterbrechung mit einer Zündkraftstoffmenge verbunden wird. Durch die Zusatzkraftstoffmenge, die zwischen der Hauptkraftstoffeinspritzung und der Zündkraftstoffeinspritzung eingespritzt wird, können die Zeitpunkte von Beginn und Ende der Einspritzungen der Hauptkraftstoffmenge und der Zusatzzündkraftstoffmenge flexibel gewählt werden.

[0004] Aus der DE 100 40 117 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors bekannt, bei dem durch eine besonders schnelle Querschnittsfreigabe eines Injektorventils versucht wird, eine gute Homogenisierung des Kraftstoff/Luft-Gemisches zu erzielen. Bei diesem Verfahren wird durch einen scharfen Einspritzverlauf ein sprunghaftes Öffnen des Injektorventils zur Verbesserung der Homogenisierung des Kraftstoff/Luft-Gemisches erzielt.

[0005] Weiterhin ist aus der DE 100 12 970 A1 ein Verfahren zur Bildung eines zündfähigen Kraftstoffluftgemisches bekannt, bei dem der Kraftstoff in mindestens zwei Teilmengen in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingebracht wird, wobei der Verschlusskörper einer Einspritzdüse nach dem Einspritzvorgang einer Teilmenge in seine Schließstellung bringbar ist. Der Kraftstoffstrahl wird bis zum Austritt dadurch beschleunigt, dass sich die Düsenöffnung mit einem kurven- oder parabelförmigen Austrittsquerschnitt zum Austritt hin stetig verjüngt.

[0006] Aus der DE 19636088 ist ein Verfahren zur Steuerung der direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine bekannt, mit dem mittels eines hubabhängigen ansteuerbaren Aktors unterschiedliche Kraftstoff-Steuerquerschnitte erzielt werden, so dass der Steuerquerschnitt eines Steuerventils bei zeitlich hintereinanderfolgenden Ventilstellungen zwischen dem Beginn und dem Ende des Einspritzvorganges stets über einem von der Schließstellung unterschiedlichem Minimalwert bleibt.

[0007] Die Druckschrift DE 19642653 C1 offenbart

ein Verfahren zur Gemischbildung einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung, mit dem bei der Kraftstoffeinspritzung ein Öffnungshub eines Ventilieds relativ zu einem Ventilsitz eines Injektors und die Einspritzzeit variabel einstellbar sind, wodurch eine dynamische Beeinflussung eines Einspritzwinkels und auch des Kraftstoffmassenstroms ermöglicht wird.

[0008] Da bei den Einspritzdüsen fertigungsbedingt unterschiedliche Kraftstoffsprays zustande kommen, die wegen unterschiedlichen Gemischbildungen oft zu Zündaussetzern führen, müssten kaum durchführbare Verbesserungen an der jeweiligen Geometrie der Einspritzdüse vor dem Einbau in einer Brennkraftmaschine vorgenommen werden.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, das Einspritzverhalten einer Einspritzdüse derart zu gestalten, dass ein optimales Einspritzverhalten und dem zufolge eine verbesserte Verbrennung trotz Fertigungstoleranzen erzielt werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich durch die Bildung eines zündfähigen Kraftstoff/Luft-Gemisches in einem Brennraum einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine mit einer einen Verschlusskörper aufweisenden Einspritzdüse, bei welcher ein Betriebshub und eine Kraftstoffeinspritzzeit variabel einstellbar sind. Der Verschlusskörper der Einspritzdüse wird von einer Schließposition bis zu einer Betriebsposition zur Einstellung eines Betriebshubes mittels einer Steuereinrichtung derart bewegt, dass während eines Kraftstoffeinspritzvorgangs der Verschlusskörper zwischen der Schließposition und der Betriebsposition mit einer variierenden Beschleunigung derart bewegt wird, dass bis zu der Einstellung des Betriebshubes unterschiedliche Geschwindigkeiten eingestellt werden.

[0012] Das Öffnungsverhalten der Einspritzdüse wird derart gestaltet, dass eine Impulserhöhung der eingespritzten Kraftstofftropfen beim Austritt aus der Einspritzdüse erzielt und der Kraftstofftropfenzerfall nach dem Austritt des Kraftstoffes aus dem Austrittsquerschnitt der Einspritzdüse verstärkt wird. Vorzugsweise wird der Verschlusskörper der Einspritzdüse in eine Betriebsposition derart gebracht, dass eine benötigte Dauer zwischen zwei Betriebspositionen, wobei der geschlossene Zustand auch eine Betriebsposition darstellt, weniger als 200 µsec beträgt.

[0013] In Ausgestaltung der Erfindung wird das Öffnen des Verschlusskörpers derart vorgenommen, dass der Verschlusskörper mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit bis zu der Betriebsposition bewegt wird, die unter dem Niveau einer maximal erzielbaren Geschwindigkeit bleibt. Durch das plötzliche Öffnen und die schnelle Einstellung der Betriebsposition des Verschlusskörpers strömt der Kraftstoff aus der Einspritzdüse in den Brennraum mit einem höheren Impuls, wodurch eine verstärkte Zerstäu-



bung der Kraftstofftröpfchen erzielt wird. Dadurch können Fertigungstoleranzen ausgeglichen werden, d.h. durch die auftretenden Fertigungsfehler wird das Strömungsverhalten des Kraftstoffes aus der Einspritzdüse kaum beeinflusst.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das Öffnen der Einspritzdüse derart gestaltet, dass beim Anfahren des Verschlusskörpers zu einer Betriebsposition zuerst mit einer reduzierten Geschwindigkeit und dann mit einer kontinuierlichen Steigerung der Geschwindigkeit bis zu einem maximalen Wert beim Erreichen der Betriebsposition bewegt wird. Dadurch werden die Zerstäubungseigenschaften ebenso verstärkt, wodurch die Eigenschaften der motorischen Verbrennung insbesondere Verbrauch und Emissionsbildung verbessert werden. Des Weiteren wird die Symmetrie bei dem erzeugten Strahlbild des eingespritzten Kraftstoffs verbessert und weitere fertigungsbedingte Strahlbildschwankungen ausgeglichen.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das Öffnen der Einspritzdüse derart gestaltet, dass der Verschlusskörper der Einspritzdüse beim Anfahren einer Betriebsposition zuerst mit einer reduzierten Geschwindigkeit und dann mit einer anwachsenden Geschwindigkeit bis zu einem maximalen Wert bewegt wird, wobei kurz vor Erreichen der Betriebsposition der Verschlusskörper mit einer sich reduzierenden Geschwindigkeit bewegt wird.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das Öffnen der Einspritzdüse derart gestaltet, dass der Verschlusskörper der Einspritzdüse mit einer erhöhten konstanten Geschwindigkeit bis zu einer Zwischenposition bewegt wird, welche eines Hubes entspricht, der größer als der Betriebshub ist. Ist die Zwischenposition erreicht, wird der Verschlusskörper unmittelbar oder nach einer gewissen Haltezeit auf die Betriebsposition zurückgefahren. Alternativ kann der Verschlusskörper bis zu der Zwischenposition gemäß einer vorherigen Ausgestaltung der Erfindung bewegt werden, wobei der Verschlusskörper im allgemeinen gemäß einer Kombination der vorgeschlagenen Ausgestaltungen bewegt werden kann.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird das Öffnen der Einspritzdüse derart gestaltet, dass der Verschlusskörper der Einspritzdüse mit einer erhöhten und konstanten Geschwindigkeit bis zu einer Betriebsposition A bewegt wird. Ist die Position A erreicht, wird der Verschlusskörper nach einer gewissen Haltezeit  $T_{AH}$  mit einer erhöhten und konstanten Geschwindigkeit bis zu einer Betriebsposition B bewegt, welche eines Hubes entspricht, der größer als der Hub der Betriebsposition A ist. Ist die Position B erreicht, wird der Verschlusskörper unmittelbar oder nach einer gewissen Haltezeit  $T_{BH}$  mit einer erhöhten und konstanten Geschwindigkeit in die Schließposition bewegt.

[0018] Insbesondere eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren für den Einsatz bei direkteinspritzen-

den Otto-Motoren bei denen innerhalb kürzester Zeit ein gut aufbereitetes Gemisch im Bereich der Zündkerze vorliegen muss, wobei sich das erfindungsgemäße Verfahren sowohl für fremdgezündete als auch für selbstzündende Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung eignet. Dementsprechend werden die fertigungsbedingten Abweichungen des Einspritzstrahles ausgeglichen, wodurch das Strahlbild erfindungsgemäß positiv beeinflusst wird. Dadurch wird in allen Bereichen des eingespritzten Kraftstoffstrahls eine gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffs erzielt. Dies führt zur Beibehaltung einer benötigten Symmetrie eines eingespritzten Kraftstoffstrahls in allen Arbeitszyklen, wodurch eine Minimierung bzw. eine Beseitigung von unerwünschten Verkippungserscheinungen verwirklicht wird.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung wird das erfindungsgemäße Verfahren besonders bei nach außen öffnenden Einspritzdüsen verwendet, bei denen der Kraftstoff als Hohlkegel eingespritzt wird. Solche Einspritzdüsen werden bevorzugt bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen verwendet, bei denen ein strahlgeführtes Brennverfahren vorliegt. Bei solchen Brennkraftmaschinen erfolgt die Einspritzung des Kraftstoffes derart, dass am Ende des Kraftstoffhohlkegels ein torusförmiger Wirbel gebildet wird, wobei die Elektroden einer im Brennraum angeordneten Zündkerze außerhalb des eingespritzten Kraftstoffhohlkegels angeordnet sind, aber innerhalb eines gebildeten Kraftstoff/Luft-Gemisches in Form des torusförmigen Wirbels liegen. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine notwendige Symmetrie des torusförmigen Wirbels beibehalten und eine Verkippung des erzielten torusförmigen Wirbels verhindert. Das verbessert die Zündung des Kraftstoff/Luft-Gemisches und verhindert das Auftreten von Zündaussetzern.

[0020] Weitere Merkmale und Merkmalkombinationen ergeben sich aus der Beschreibung. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines Zylinders eines direkteinspritzenden fremdgezündeten Brennkraftmaschine,

[0022] Fig. 2 ein schematisches Diagramm mit einem Hubverlauf eines Verschlusskörpers einer Kraftstoffeinspritzdüse der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 bis zur Erreichung einer Betriebsposition aufgetragen über der Zeit,

[0023] Fig. 3 ein schematisches Diagramm mit einem Hubverlauf eines Verschlusskörpers einer Kraftstoffeinspritzdüse der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 bis zur Erreichung einer Betriebsposition aufgetragen über der Zeit gemäß einem zweiten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel,

[0024] Fig. 4 ein schematisches Diagramm mit einem Hubverlauf eines Verschlusskörpers einer Kraftstoffeinspritzdüse der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 bis zur Erreichung einer Betriebsposition aufgetragen



über der Zeit gemäß einem dritten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel, und

[0025] Fig. 5 ein schematisches Diagramm mit einem Hubverlauf eines Verschlusskörpers einer Kraftstoffeinspritzdüse der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 bis zur Erreichung einer Betriebsposition aufgetragen über der Zeit gemäß einem vierten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel.

[0026] Fig. 1 zeigt einen Zylinder 2 einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine 1 mit Direkteinspritzung, in dem ein Brennraum 4 zwischen einem Kolben 3 und einem Zylinderkopf 5 begrenzt wird. Im Zylinder 2 wird der Kolben 3 längsverschieblich gehalten, wobei die Längsbeweglichkeit des Kolbens 3 durch einen oberen Totpunkt und einem unteren Totpunkt begrenzt wird. Die in Fig. 1 dargestellte Brennkraftmaschine 1 arbeitet nach dem Viertaktprinzip, wobei sich das erfindungsgemäße Verfahren sowohl für fremdgezündete als auch für selbstzündende Zweitaktbrennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung genau so gut eignet. Im ersten Takt wird dem Brennraum 4 durch einen Einlasskanal 13 Verbrennungsluft zugeführt, wobei der Kolben 3 sich in einer Abwärtsbewegung bis zum unteren Totpunkt UT bewegt. Im weiteren Kompressionstakt bewegt sich der Kolben 3 in einer Aufwärtsbewegung vom unteren Totpunkt zum oberen Totpunkt OT, wobei der Kraftstoff in einem Schichtladebetrieb der Brennkraftmaschine 1 während des Kompressionstakts eingespritzt wird. Im Bereich des oberen Totpunkts OT wird mittels einer Zündkerze 7 das Kraftstoff/Luftgemisch gezündet, wobei der Kolben 3 in einer Abwärtsbewegung bis zum unteren Totpunkt UT expandiert. Im letzten Takt fährt der Kolben 3 in einer Aufwärtsbewegung bis zum oberen Totpunkt OT und schiebt die Abgase aus dem Brennraum 4 aus.

[0027] Die Brennkraftmaschine 1 gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird derart betrieben, dass im unteren und mittleren Drehzahl- und Lastbereich im Schichtladebetrieb und im oberen Lastbereich im Homogenbetrieb gefahren wird. Insbesondere liegt beim Schichtladebetrieb ein sogenanntes strahlgeführtes Brennverfahren vor. Die Einspritzung des Kraftstoffes erfolgt im Schichtladebetrieb im Kompressionshub vorzugsweise in einem Kurbelwinkelbereich zwischen 40 und 10° vor OT. Dabei wird vorzugsweise die Kraftstoffeinspritzung in zwei Teilmengen in den Brennraum 4 vorgenommen.

[0028] Bei einem solchen strahlgeführten Brennverfahren wird vorzugsweise eine nach außen öffnende Einspritzdüse 11 verwendet, mit der ein Kraftstoffhohlkegel 8, vorzugsweise mit einem Winkel  $\alpha$  zwischen 70° und 100° erzeugt wird. Da der Kraftstoffhohlkegel 8 auf eine im Brennraum 4 komprimierte Verbrennungsluft trifft, bildet sich ein torusförmiger Wirbel 10 im Brennraum 4 derart aus, dass sich im Bereich der Elektroden 12 der Zündkerze 7 ein zündfähiges Kraftstoff/Luft-Gemisch erzielt wird. Die Anordnung der Zündkerze 7 erfolgt derart, dass die Elektroden 12 der Zündkerze 7 in den erzielten Wir-

bel hineinragen, wobei sie während der Kraftstoffeinspritzung außerhalb der Mantelfläche 9 des Kraftstoffkegels 8 liegen. Dadurch werden die Elektroden 12 der Zündkerze 7 mit Kraftstoff nicht benetzt. Um eine optimale Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffes zu erzielen, ist es notwendig einen symmetrischen und gleichmäßigen torusförmigen Wirbel 10 zu gestalten, d. h. der erzielte torusförmige Wirbel 10 soll im gesamten Bereich eine gleichmäßige Kraftstoffverteilung aufweisen, so dass eine Verkipfung des Wirbels nicht stattfindet, und weiterhin beim Montieren des Kraftstoffventils 6 eine definierte Drehlage des Kraftstoffventils 6 im Zylinderkopf 5 vermieden werden kann.

[0029] Fig. 2 zeigt einen schematischen Hubverlauf des nicht dargestellten Verschlusskörpers der Einspritzdüse 11 gemäß Fig. 1 über der Zeit T. Die Einspritzung des Kraftstoffes wird derart vorgenommen, dass die Öffnungsdauer  $T_{B1}$  des Verschlusskörpers der Einspritzdüse 11 bis zur Einstellung eines Betriebshubes  $H_B$  über einen Zeitraum von etwa 100  $\mu\text{sec}$  bis 200  $\mu\text{sec}$  abgeschlossen wird. Durch das schnelle Öffnen des Verschlusskörpers mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit wird der Kraftstoff aus der Einspritzdüse 11 derart beschleunigt, dass die Kraftstofftröpfchen einen höheren Impuls beim Eintritt in den Brennraum 4 aufweisen, wodurch eine bessere Zerstäubung und eine schnellere Vermischung mit der im Brennraum bereits vorhandenen Verbrennungsluft erzielt wird. Durch das schnellere Öffnen wird eine durch Fertigungstoleranzen verursachte ungleichmäßige Kraftstoffverteilung im Kraftstoffkegel 8 vermieden. Ziel ist es dabei, einen symmetrischen Wirbel 10 mit einer gleichmäßigen Kraftstoffverteilung ohne unerwünschte Verkipfungen zu erzielen, d.h. eine Horizontale 15 durch den gebildeten Wirbels 10 soll sich möglichst bei allen Einspritzvorgängen während der gesamten Betriebsdauer der Brennkraftmaschine 1 in einer senkrechten Lage zur Kraftstoffventilachse 14 befinden. Es soll dabei weiterhin die Bildung von Strähnen am Ende des Kraftstoffkegels 8 bzw. des Wirbels 10 vermieden werden.

[0030] Gemäß Fig. 3 wird ein zweites Verfahrensbeispiel dargestellt, bei dem der Verschlusskörper der Einspritzdüse 11 derart geöffnet wird, dass er zuerst mit einer reduzierten bzw. geringen Geschwindigkeit angefahren wird, wobei dann eine kontinuierliche Steigerung der Geschwindigkeit bis zu einem maximalen Wert bei der Einstellung des Betriebshubes  $H_B$  vorgenommen wird. Beim langsamen Öffnen des Verschlusskörpers strömt zuerst wenig Kraftstoff in den Brennraum 4 hinein, der durch den vorhandenen Brennraumgegendruck gebremst wird, und dann durch das weitere schnellere Öffnen durch den herauschießenden Kraftstoff in den Brennraum 4 mit einem höheren Impuls mitgerissen wird, so dass eine bessere Zerstäubung und gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im Kegel 8 erzielt wird. Dadurch wird vermieden, dass der Wirbel 10 assymetrisch ausge-



bildet wird und Strahlen im unteren Bereich des Wirbels gebildet werden. Durch die gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im gesamten Bereich des torusförmigen Wirbels 10 werden die Kraftstoffteilchen in den Außenbereich des Wirbels 10 in Richtung der Elektroden 12 der Zündkerze 7 transportiert und dort konzentriert. Dabei vermischen sich die bereits verdampften Kraftstoffteilchen mit der Verbrennungsluft und bilden ein zündfähiges Kraftstoff/Luft-Gemisch.

[0031] Gemäß Fig. 4 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem zuerst der Verschlusskörper der Einspritzdüse 11 langsam geöffnet und nach kurzer Zeit mit einer anwachsenden Geschwindigkeit weiter geöffnet wird, wobei kurz vor dem Erreichen des Betriebshubes  $H_b$  die Geschwindigkeit des Verschlusskörpers abnimmt. Ähnlich wie im vorigen Ausführungsbeispiel werden die Kraftstoffteilchen mit einem höheren Impuls in den Brennraum 4 hineingebracht und gleichmäßig im torusförmigen Wirbel 10 verteilt.

[0032] Gemäß Fig. 5 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der Verschlusskörper mit einer hohen Geschwindigkeit zu einer Hubzwischenposition  $H_z$  innerhalb einer Zeit  $T_z$  gebracht wird, wobei die Hubzwischenposition  $H_z$  größer als der Betriebshub  $H_b$  ist. Ist die Hubzwischenposition  $H_z$  erreicht, wird unmittelbar oder nach einer gewissen Haltezeit  $T_{zh}$  der Verschlusskörper zurück auf den Betriebshub innerhalb der Dauer  $T_{bz}$  bewegt. Bei diesem Öffnungsverlauf werden die Kraftstoffteilchen aus der Einspritzdüse derart beschleunigt, dass sie mit einem sehr hohem Impuls in den Brennraum hineingespritzt werden. Dadurch wird eine bessere Zerstäubung erzielt und somit Fertigungstoleranzen ausgeglichen. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird eine höhere Geschwindigkeit beim Öffnen der Einspritzdüse erzielt, womit ein verstärkter Zerfall des Kraftstoffs bewirkt wird.

[0033] Gemäß Fig. 6 wird ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem der Verschlusskörper mit einer hohen Geschwindigkeit zu einer Hubposition  $H_A$  innerhalb einer Zeit  $T_A$  gebracht wird. Ist die Hubposition  $H_A$  erreicht, wird der Verschlusskörper nach einer gewissen Haltezeit  $T_{AH}$  mit einer erhöhten und konstanten Geschwindigkeit in einer Zeit  $T_B$  bis zu einer Betriebsposition B bewegt, welche eines Hubes  $H_B$  entspricht, der größer als der Hub der Betriebsposition A ist. Ist die Position B erreicht, wird der Verschlusskörper unmittelbar oder nach einer gewissen Haltezeit  $T_{BH}$  mit einer erhöhten und konstanten Geschwindigkeit in die Schließposition bewegt. Bei diesem Öffnungsverlauf werden zunächst kleine Tropfen generiert, die zu einer frühen Bildung eines torusförmigen Wirbels führen. Der große Hub der Betriebsposition B erzeugt Tropfen mit großem Impuls, die den torusförmigen Wirbel vergrößern und stabilisieren.

[0034] Durch die dargestellten Verfahrensbeispiele wird eine optimale Verbrennung ermöglicht und eine ausgeprägte torusförmige Wirbelbildung erzielt. Da-

bei werden die Kraftstoffteilchen im Randbereich des Wirbels 10 derart konzentriert, dass sich mehr Tropfen im Randbereich aufhalten. Dadurch wird eine größere Kontaktfläche zur Verbrennungsluft bewirkt. Weiterhin wird die Bildung eines Wirbels 10 mit einer gleichbleibenden Symmetrie und einer gleichförmigen, gleichmäßigen Kraftstoffverteilung erzielt. Weiterhin wird eine Erleichterung beim Einbau von Kraftstoffventilen erzielt, da eine definierte Drehlage des Kraftstoffventils 6 nicht benötigt wird. Ein weiterer Vorteil ist der Ausgleich von Fertigungsungenauigkeiten beim Herstellen von Kraftstoffventilen, welche im allgemeinen die Gemischbildung bei den direkt einspritzenden Brennkraftmaschinen negativ beeinflussen.

[0035] Vorzugsweise wird bei allen dargestellten Verfahrensbeispielen der Kraftstoff in den Brennraum im Schichtladebetrieb bei einem Brennraumgegen- druck von ca. 16 bar eingespritzt, das entspricht einem Zeitpunkt von etwa 30° Kurbelwinkel vor OT. Diese Kraftstoffeinspritzung wird im Schichtladungs- betrieb vorgenommen, wobei im Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1 die Kraftstoffeinspritzung im Ansaugtakt der Brennkraftmaschine vorgenom- men werden kann. Bei den oben dargestellten Ver- fahrensbeispielen soll der Betriebspositionswechsel des Verschlusskörpers der Einspritzdüse 11 in weni- ger als 200 µsec erzielt werden.

[0036] Es ist ferner vorteilhaft, dass der Einspritz- druck der Einspritzdüse 11 zwischen 100 bar und 300 bar oder zwischen 150 bar und 250 bar variiert wird, wobei der aus der Einspritzdüse 11 austretende Kraftstoffstrahl 8 kegelförmig mit einem Strahlwinkel  $\alpha$  zwischen 70° und 100° gebildet wird.

[0037] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bil- dung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches einer direkt ein- spritzenden Brennkraftmaschine, mit dem ein Ver- schlusskörper der Kraftstoffeinspritzdüse von einer Schließposition bis zu einer Betriebsposition zur Ein- stellung eines Betriebshubes mittels einer Steuerein- richtung derart bewegt wird, dass bis zur Einstellung des Betriebshubes unterschiedliche Geschwindigkei- ten eingestellt werden, um eine optimale Verbren- nung zu ermöglichen, und bei einer torusförmigen Wirbelbildung eine gleichmäßige Konzentration der mit einem höheren Impuls in den Brennraum einge- brachten Kraftstoffteilchen im Randbereich des Wir- bels zu ermöglichen, so dass die Bildung eines Rand- wirbels mit einer gleichbleibenden Symmetrie und ei- ner gleichmäßigen Kraftstoffverteilung erzielt wird.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung eines zündfähigen Kraft- stoff/Luft-Gemisches in einem Brennraum einer di- rekt einspritzenden Brennkraftmaschine, insbeson- dere einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine, mit einer einen Verschlusskörper aufweisenden Kraftstoffeinspritzdüse, mit dem  
– der Verschlusskörper der Kraftstoffeinspritzdüse



von einer Schließposition bis zu einer Betriebsposition mittels einer Steuereinrichtung bewegt wird, wobei

– der Betriebshub und die Kraftstoffeinspritzdauer variabel einstellbar sind,

**dadurch gekennzeichnet,**

– dass während eines Kraftstoffeinspritzvorgangs der Verschlusskörper zwischen der Schließposition und der Betriebsposition mit einer variierenden Beschleunigung derart bewegt wird, dass bis zu der Einstellung des vorgegebenen Betriebshubes unterschiedliche Geschwindigkeiten eingestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlusskörper der Kraftstoffeinspritzdüse von der Schließposition bis zu der Betriebsposition derart bewegt wird, dass er mit einer langsamen Geschwindigkeit beim Anfahren bewegt und dann mit einer kontinuierlich steigenden Geschwindigkeit bis zu einem maximalen Wert bei der Erreichung der Betriebsposition bewegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlusskörper von einer Schließposition bis zu einer Betriebsposition derart bewegt wird, dass er beim Anfahren mit einer langsamen Geschwindigkeit bewegt wird und dann mit einer anwachsenden Geschwindigkeit bis zu einem maximalen Wert bewegt wird, wobei er vor dem Erreichen der Betriebsposition mit einer langsameren als die maximal eingestellte Geschwindigkeit bewegt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlusskörper von der Schließposition bis zu der Betriebsposition derart bewegt wird, dass er mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit bis zum Erreichen eines Hubes, der größer als der Betriebshub ist, bewegt wird, und danach mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit zur Betriebsposition zurückgefahren wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verschlusskörper von der Schließposition bis zu der Betriebsposition derart bewegt wird, dass er mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit bis zum Erreichen eines Hubs bewegt wird. Danach wird der Verschlusskörper mit einer hohen und konstanten Geschwindigkeit zu einer Betriebsposition mit höherem Hub angefahren.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzdüse als eine nach außen öffnende Einspritzdüse ausgebildet ist, so dass der Kraftstoff aus der Kraftstoffeinspritzdüse in Form eines Hohlkegels eingespritzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende des eingespritzten Kraftstoffhohlkegels ein torusförmiger Kraftstoff/Luftge-

misch-Wirbel derart gebildet wird, dass die außerhalb einer Mantelfläche des eingespritzten Hohlkegels angeordneten Elektroden einer Zündkerze vom torusförmigen und zündfähigen Kraftstoff/Luftgemisch-Wirbel umfasst werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung der Kraftstoffeinspritzdüse vorzugsweise piezoelektrisch angetrieben wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzung im Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine im Ansaugtakt und/oder im Kompressionstakt erfolgt.

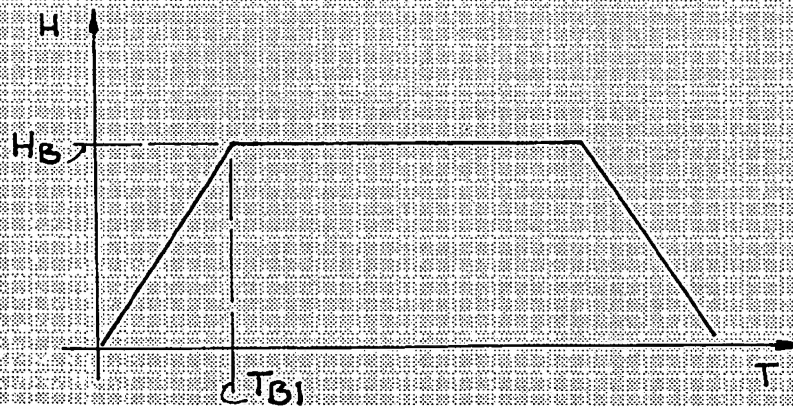
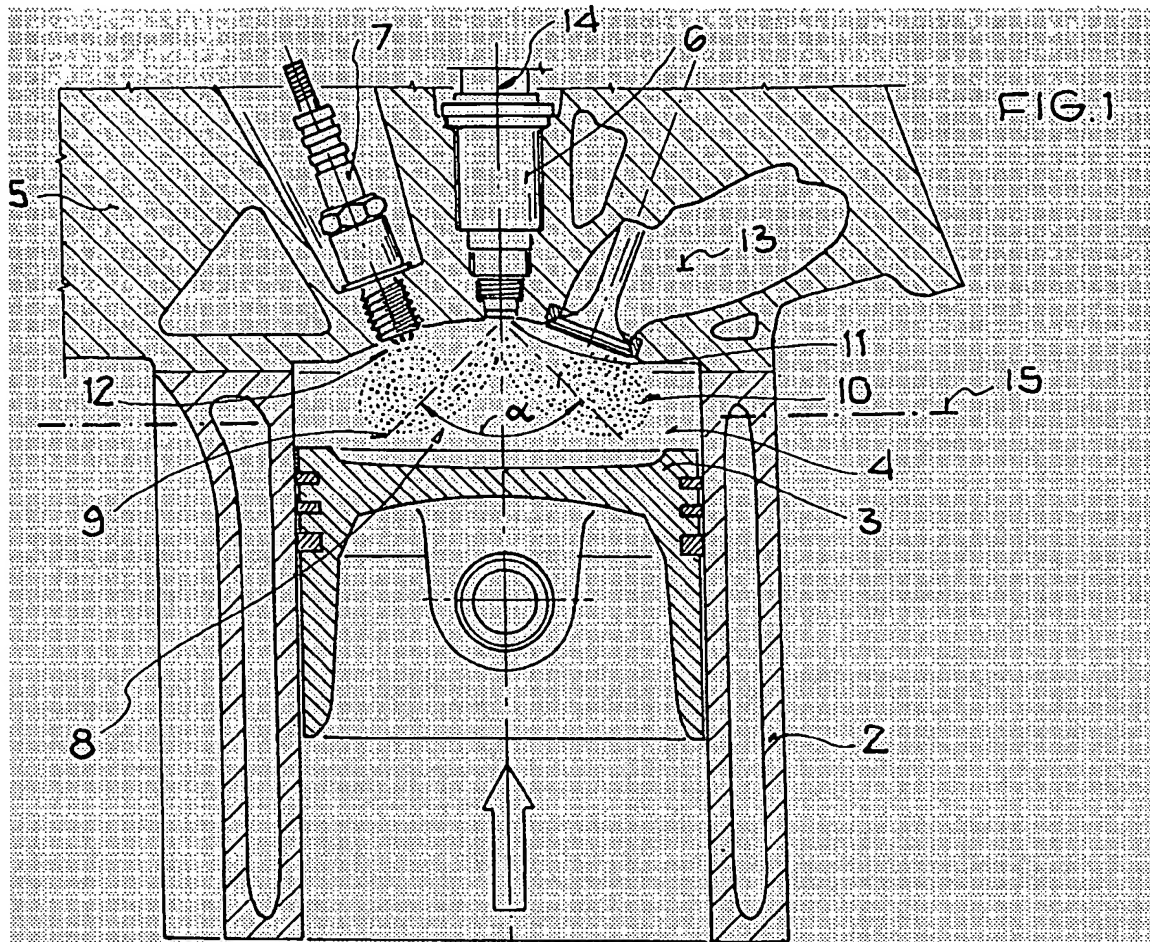
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzung im Schichtladebetrieb der Brennkraftmaschine während des Kompressionshubes erfolgt.

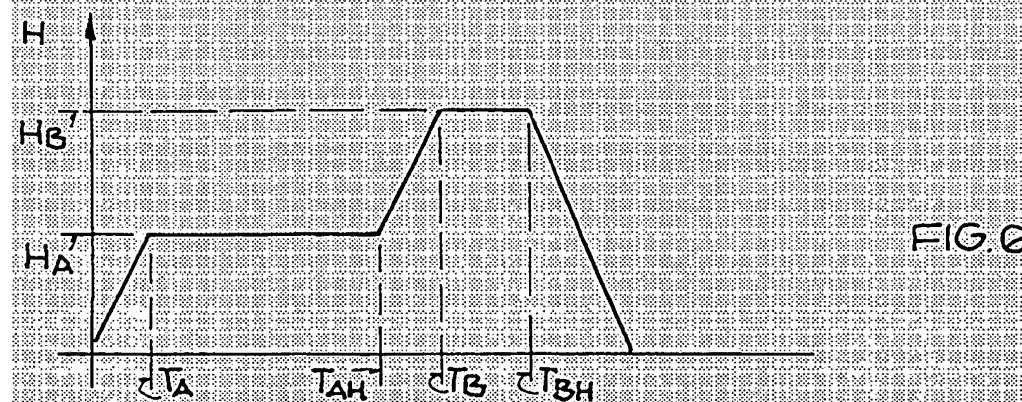
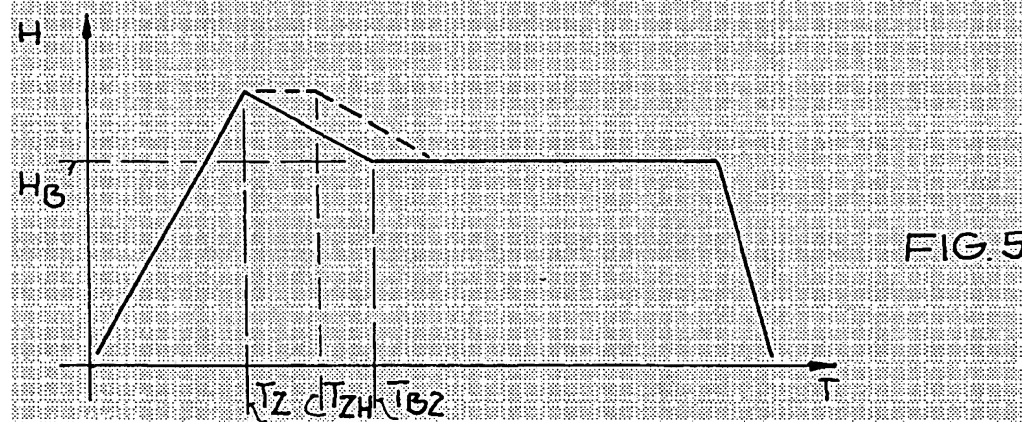
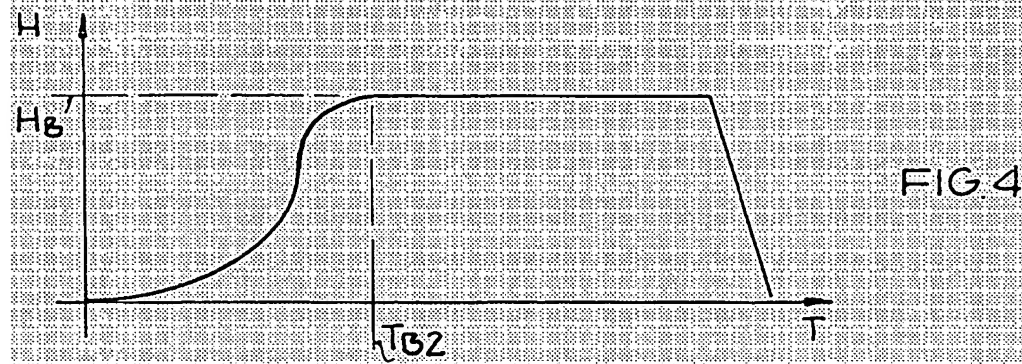
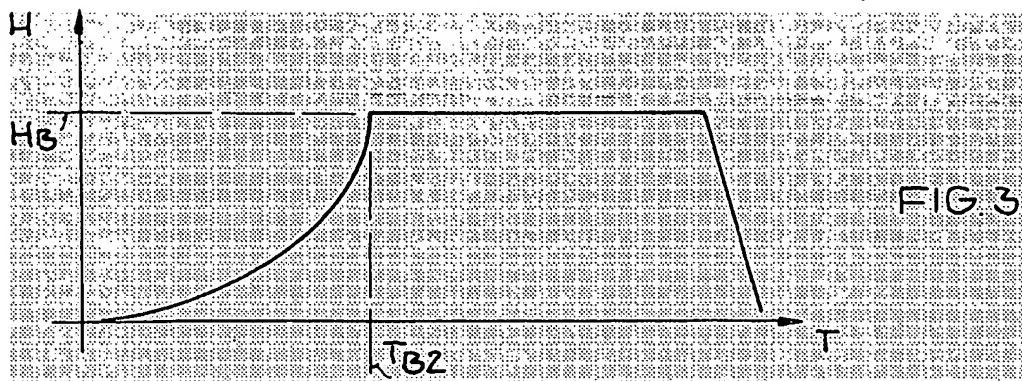
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzung in einer Gesamtmenge oder in mindestens zwei Teilmengen erfolgt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen









**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**